

기술 특 집

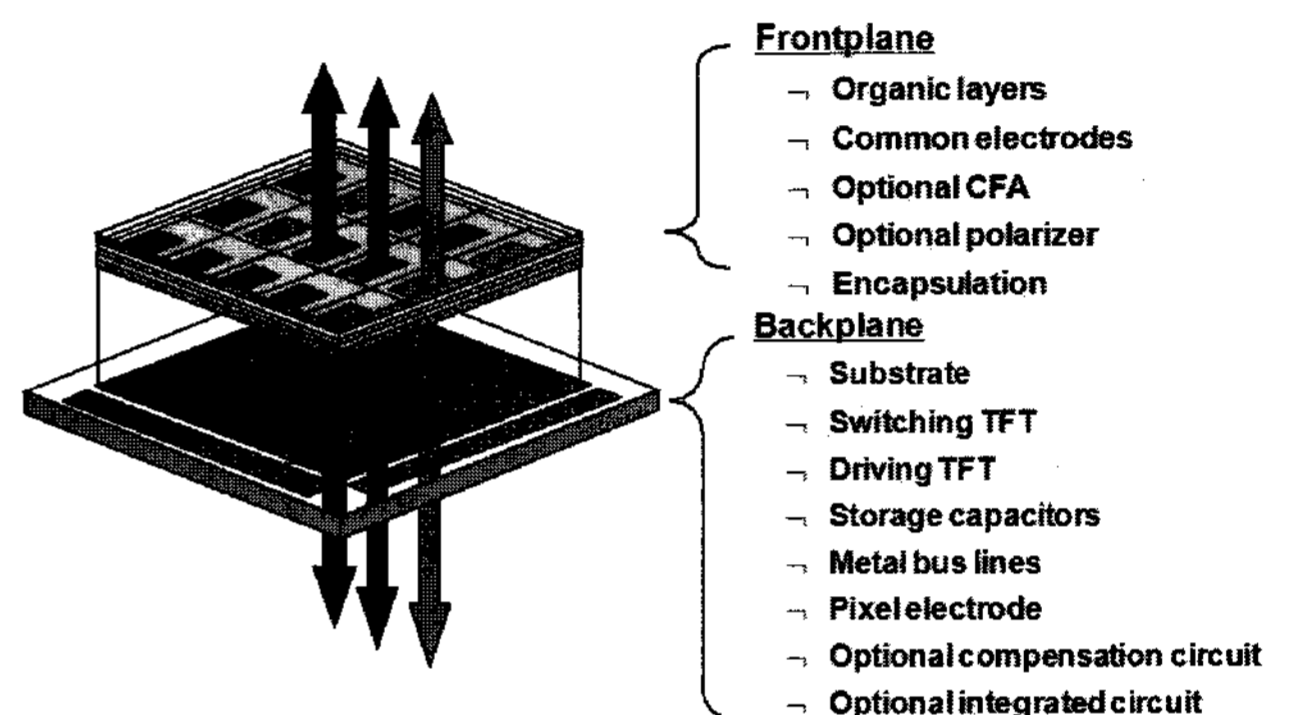
AMOLED용 TFT Backplane 최신 기술 동향

홍 용 택 (서울대학교 전기공학부)

I. 서 론

2007년은 능동형 유기 발광 다이오드 디스플레이(Active-Matrix Organic Light-Emitting Display, AMOLED)에 있어서 가장 중요한 해가 되고 있다. 현재 삼성SDI는 제 4세대 크기(730×920mm²)의 유리 기판을 기반으로 모바일 디스플레이용 AMOLED 패널을 세계 최초로 양산하고 있으며, SONY가 올해 말에 10인치 급 AMOLED TV를 시판하는 계획을 세우는 등 몇몇 회사들도 올해 또는 내년에 AMOLED 패널을 시판할 계획을 하고 있다. 따라서, 올해는 향후 OLED 디스플레이 시장 형성의 주역이 될 AMOLED 기술이 세계 디스플레이 시장에서 자리를 잡고 그 영역을 확대해 나가며 인프라를 구축하는 시점이 되는 아주 중요한 해라고 할 수 있다. 2006년 상반기에 디스플레이 전문 연구기관인 iSuppli에서 발표한 자료에 의하면 OLED의 시장은 2012년에는 3,500M 달러에 이르고, 그 중 70% 정도를 AMOLED 기술이 형성하리라고 전망했다. 또한 동회사의 2007년 발표 자료에 의하면 현재 Mobile Phone과 MP3/PMP에의 응용이 대부분인 AMOLED 기술은 2008년부터 TV 제품에의 응용이 나타나기 시작해서 2012년에는 약 700M 달러, 1.2M unit 선적의 AMOLED TV 시장을 형성하리라고 예상하고 있다. 이렇듯 AMOLED 기술에 대한 기대와 앞으로의 디스플레이 시장에서의 역할이 점점 커져 갈 것으로 기대된다.

AMOLED는 [그림 1]과 같이 크게 backplane과 frontplane으로 나누어 생각해 볼 수 있다. Frontplane은 일반적으로 다층 구조의 유기 발광 다이오드(Organic Light-Emitting Diode, OLED)층과 봉지(encapsulation)층으로 구성되어 있으며 필요에 따라서는 컬러 필터 어레이(color filter array, CFA)나 편광판(circular polarizer)을 포함하기도 한다. OLED층은 backplane에서 공급되는 데이터 신호에 따라서 실제 발광을 하며 그림 정보를 표시하는 기능을 하며, 정공주입층(hole injection layer, HIL), 정공전달층(hole transport layer, HTL), 발광층(Light Emissive Layer, LEL), 전자전달층(electron transport layer, ETL),



[그림 1] AMOLED의 구조 예 : Frontplane과 Backplane을 이루는 기본 요소들

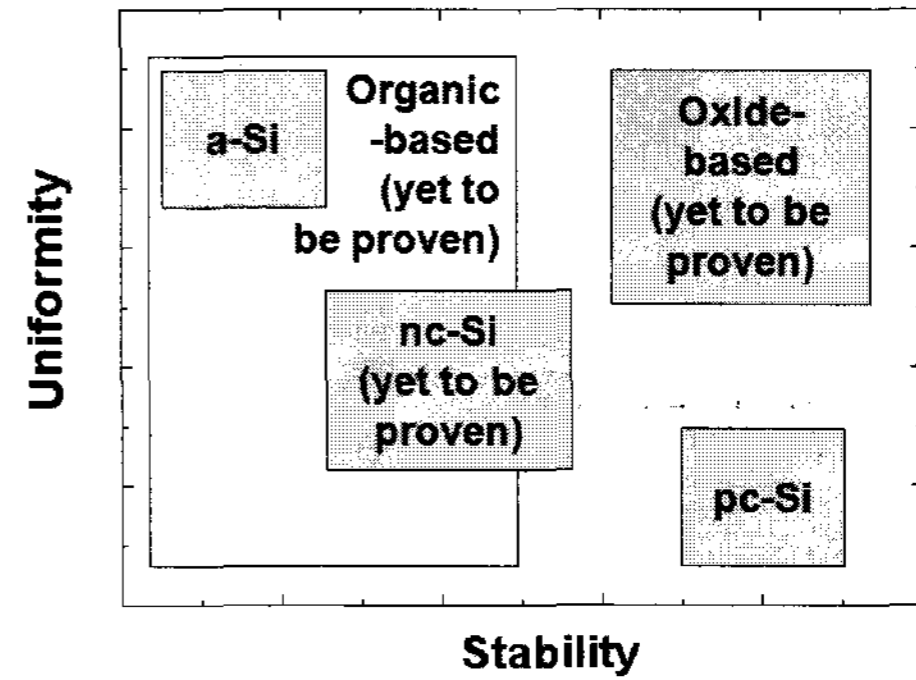
그리고 공통 금속 전극층 등으로 이루어져 있다(반대쪽의 패턴 된 픽셀 전극층은 디스플레이 제조 공정 상 backplane의 일부로 볼 수 있음). 봉지층은 외부 산소나 수분의 침투로 인한 OLED층의 열화를 막는 기능을 하는데, 일반적으로는 흡습제가 포함된 유리나 금속 등의 단단하고 얇은 기판을 이용하지만, 초박막 디스플레이나 유연 디스플레이의 구현을 위해서는 다층의 유무기 혼합 박막^[1]을 사용한다.

Backplane은 기판, 박막 트랜지스터(thin film transistor, TFT), 신호 저장 캐패시터(storage capacitor), 픽셀 전극(pixel electrode), 금속 신호 전달 전극(bus lines) 등으로 구성이 되며, 필요에 따라서는 픽셀 보상 회로 및 주변 집적 회로를 포함하기도 한다. 기판은 유리 기판이 상용 디스플레이에 가장 많이 쓰이고 있으나, 깨어지지 않는 디스플레이나 유연 디스플레이 구현을 위해서 플라스틱^[2,3]이나 금속 포일^[4]을 이용하는 기술도 많이 연구되고 있다. TFT는 신호를 전달하는 스위치(switch TFT)와 정전류를 픽셀 OLED에 공급하는 드라이버(driver TFT)의 역할을 하는데, 대면적에서 소자 성능이 균일하며 구동에 따른 소자 성능 열화가 적은 TFT 기술의 개발이 요구되고 있다. 현재 상용화되는 AMOLED의 경우는 다결정 실리콘(polycrystalline silicon, poly-Si) TFT를 기반으로 하는 backplane기술이 주를 이루고 있으나, poly-Si TFT의 단점인

높은 공정 가격, 비균일한 소자 성능 등의 단점을 보완하기 위해서, 비정질 실리콘(amorphous silicon, a-Si) TFT,^[5,6] 나노 또는 마이크로 결정 실리콘(nano or micro crystalline silicon, nc/ μ c-Si),^[7] 유기(organic) TFT,^[8] 또는 산화물(oxide) TFT^[9] 등의 기술이 활발하게 연구되고 있다. 이에 본 논문에서는 현재 AMOLED backplane 구현에 있어서 가장 중요한 역할을 하는 TFT의 최근 기술 동향에 대해서 알아보려고 한다.

II. 박막트랜지스터 기술

앞서 언급한 바와 같이 현재 박막트랜지스터 기술은 poly-Si TFT, nc-Si TFT, 그리고 a-Si TFT를 이용하는 실리콘을 기반으로 하는 TFT 기술, 유기물 반도체를 기반으로 하는 organic TFT 기술, 그리고 ZnO계열 산화물 반도체를 기반으로 하는 oxide TFT 기술 등이 AMOLED의 backplane 구현을 위해 연구되고 있다. 각각의 TFT 기술은 물질과 소자 제작 공정 상의 특징으로 인하여 장단점을 가지고 있다. 특히 대면적 AMOLED 구현을 위해서는 TFT 성능의 균일성과 동작 시의 성능 안정성이 중요한 두 가지 요구 조건이 된다. [그림 2]에는 각각의 TFT 기술에 대해서 균일성(Uniformity) 및 안정성(Stability)을 두 축으로 하여 각 기술의 전형적인 특징을 표시하고 있다. 일반적으로 a-Si TFT 기술은 LCD 산업의 부흥과 투자 그리고 기판 대형화에 힘입어 여러 TFT 기술 중에서 입증된 균일성의 특징을 가지고 있다. 하지만, 고질적인 동작 시의 문턱 전압 증가로 대변되는 동작 불안정성은 OLED backplane 적용에 있어서 해결해야 되는 중요한 요소 중의 하나이다. 한편, 엑시머 레이저 어닐링으로 대변되는 poly-Si TFT 기술은 그 동작 안정성 측면에서는 여러 TFT 기술 중에서 가장 좋은 것으로 입증되어 현재 상용 OLED backplane의 주요 기술로 각광을 받고 있으나, 레이저를 기반으로 하는 제작 과정의 고비용 그리고 대면적화 시의 소자 특성 불균일성은 poly-Si TFT 기술에 있어서 해결해야 하는 중요한 요소이다. 이러한 두 가지 상반되는 실리콘 기반 TFT 특성의 절충안으로서 nc-Si TFT 기술을 생각해 볼 수 있는데, 아직은 그 특성이 완전하게 검증된 단계는 아니며, 제조상의 낮은 throughput 문제는 전형적인, nc-Si material 증착 시의 문제로, 아직은 상용화에 적용하기에 힘든 상황이다. 이에 반하여 두 가지 대표적인 실리콘 기반 TFT 특성의 절충안이 아니라 두 TFT 기술의 단점을 해결하는 새로운 기술로 최근에 산화물을 기반으로 하는 TFT 기술의 연구가 활발히 진행되고 있고, 국내의 디스플레이 관련 대기업인 삼성과 LG에서 잇달아 좋은 결과를 발표하고 있다. 하지만, 현재로는 기술의 전망이나 가능성은 아주 높지만, 이미 실리콘 기반으로 형성되어 있는 디스플레이 제조 공정 인프라를 변형시킬 수 있을 지는 좀더 신중한 소재 및 소자 특성, 그리고 기술에 대한 검증이 있어야 한다. 마지막으로 유기물 기반의 TFT 기술은 저온, 저가격 공정으로 대변되고 있는



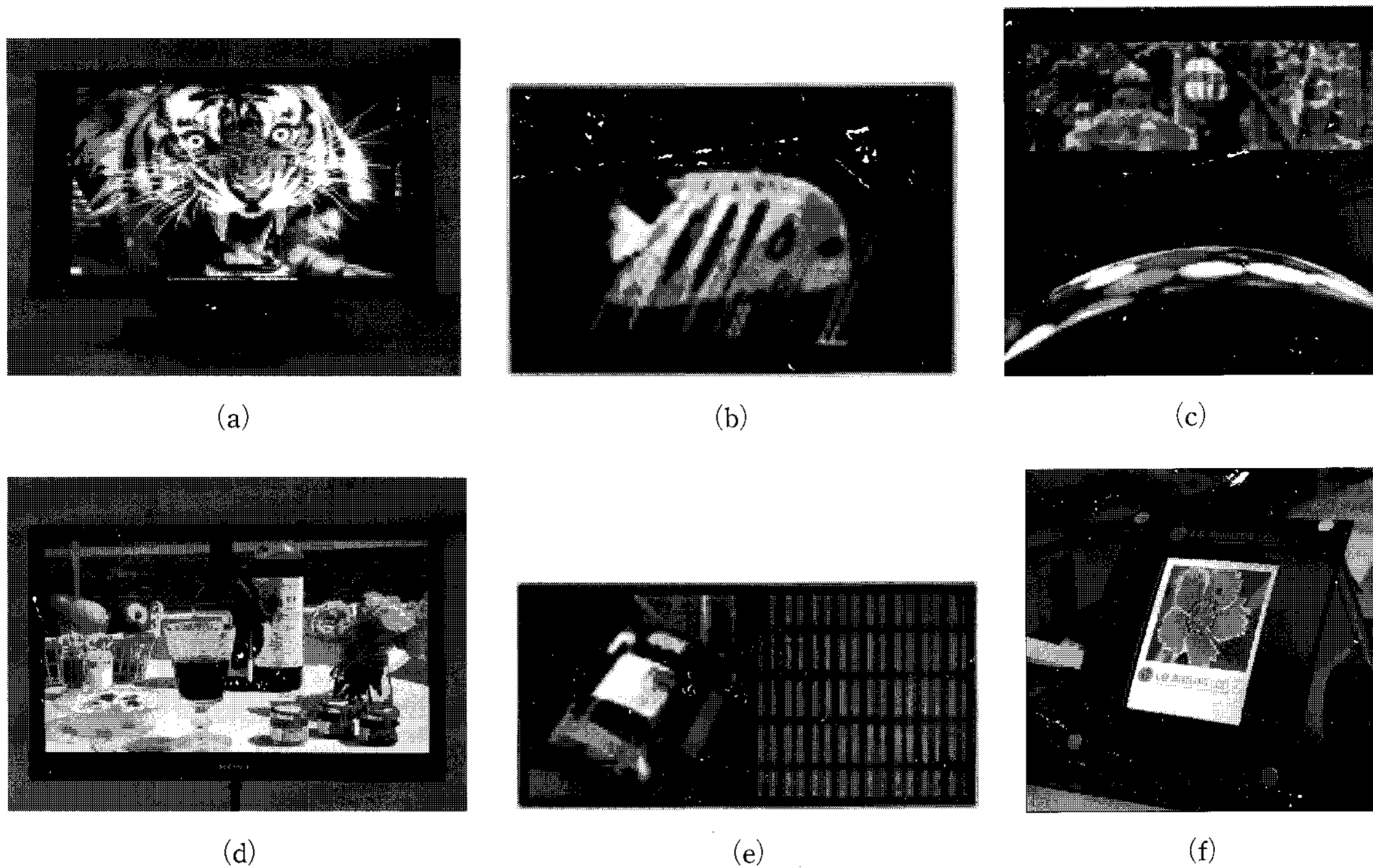
[그림 2] 각각의 TFT 기술에 대한 전형적인 균일성 및 안정성 특성

며, 시제품 제작으로 그 가능성 테스트를 하고 있으나, 균일성이나 안정성에 있어서는 많은 검증이 필요한 단계에 있다. 이렇듯 각각의 TFT 기술들은 현재 OLED backplane에의 적용을 위해 문제점 해결을 위해서 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 장에서는 각각의 TFT 기술에 대한 최근의 동향 및 기술발전에 대해서 기술하고자 한다.

1. 실리콘 기반 기술

실리콘 기반 기술 중 poly-Si TFT 기술은 앞서 언급한 것처럼 엑시머 레이저를 이용하여 결정화를 시키는 기술이 주류를 이루고 있으나, 균일성 및 대면적화의 문제를 해결하기 위해서, mask를 이용하여 연속적으로 두 번의 레이저 샷을 이용하여 결정의 방향성과 크기 및 균일성을 향상시키는 two shot sequential lateral solidification(Two-shot SLS) 기술,^[10] metal dot을 이용하여 결정화를 촉진시키는 metal induced lateral crystallization(MILC) 기술^[11] 등 다방면의 노력이 진행 중에 있다. 최근에는 LG Philips LCD에서 이른 바 advanced solid phase crystallization (SPC)기술을 개발하여 WXGA급 20.1인치 AMOLED 디스플레이의 시제품을 선보인 바 있다^[12]([그림 3](a) 참조). 이러한 상용 기술의 대면적화 및 저가격화를 위한 지속적인 기술 개발과 더불어 poly-Si TFT 기술을 휘어지는 유연 디스플레이에도 적용하려는 노력이 있다. Universal Display Corporation(UDC)는 Paolo Alto Research Center와 협력하여 금속 포일 위에 poly-Si TFT AMOLED의 시제품을 개발하였고([그림 3](b)),^[13] 삼성 SDI도 금속 포일 위에 poly-Si TFT기술을 기반으로 AMOLED 시제품을 개발하여 보고한 바 있다([그림 3](c)).^[13] 특히 금속 포일을 이용한 AMOLED는 휘어지는 디스플레이에의 응용뿐 아니라 초박막의 깨어지지 않는 AMOLED 제품 개발을 위해서 신중하게 고려되고 있으며, 이와 관련된 기판 평탄화 기술, 기판 핸들링 기술, 그리고 전면 발광 유기 다이오드(top-emission OLED) 기술과 투명 박막 봉지(transparent thin-film encapsulation) 기술 등도 활발히 연구가 진행 중에 있다.

한편, 높은 에너지를 발산하는 엑시머 레이저보다 신뢰성



[그림 3] AMOLED 시제품 예 : (a) LG Philips LCD-Advanced SPC poly-Si 기술, (b) UDC-PARC-poly-Si on SUS 기술, (c) 삼성SDI-poly-Si on SUS 기술, (d) SONY-레이저 다이오드 $\mu\text{c}/\text{nc-Si}$ 기술, (e) Kodak-Princeton-a-Si on SUS 기술, (f) LG Philips LCD-a-Si on SUS 기술

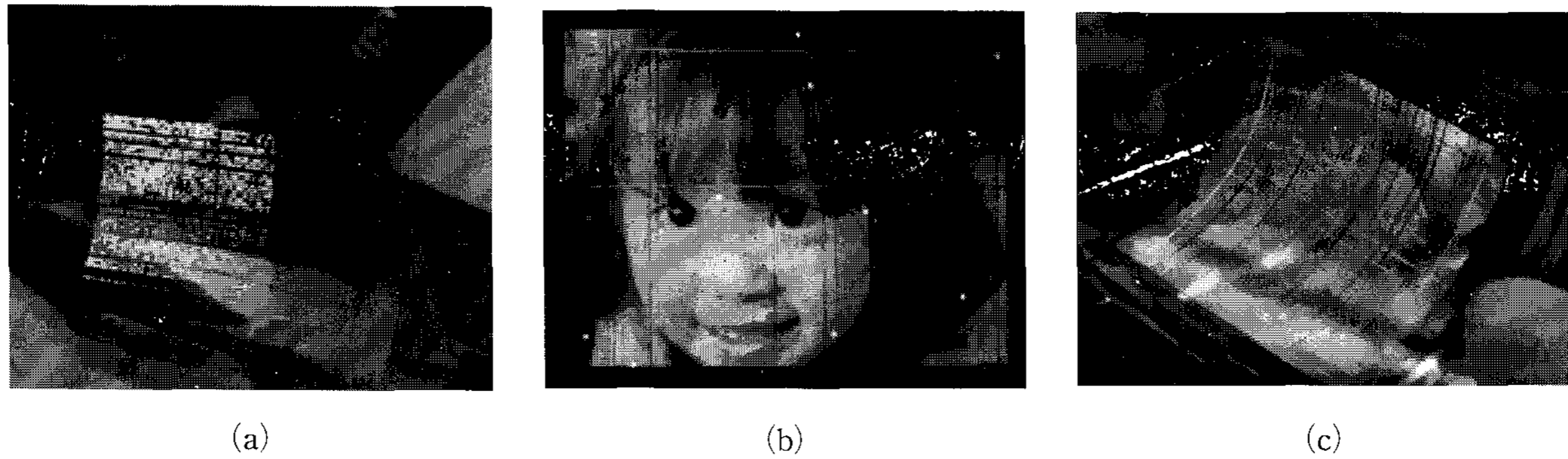
및 안정성이 뛰어나고 공정 및 유지 비용도 저렴한 레이저 다이오드를 이용하여 micro 또는 nano crystalline($\mu\text{c}/\text{nc-Si}$) 구조를 만드는 기술이 SONY에 의해서 소개되었다.^[14] 이 기술에서는 800nm 대역의 빛을 발하는 레이저 다이오드를 사용하는데, 결정화를 위해서 증착되는 비정질 실리콘은 주로 550nm 대역의 빛에 대해서 흡수율이 좋기 때문에, 비정질 실리콘 위에 몰리브데늄(Mo)의 광열변환층(photo-thermal conversion layer)를 증착시켜서 800nm 대역의 빛에 대한 흡수율을 높이는 방법을 사용하여, [그림 3](d)에서와 같이 27.3인치 HD급 AMOLED의 시제품을 개발하였다. 대면적 디스플레이 적용 시에 기존의 엑시머 레이저를 이용한 기술에 비해 높은 균일도 및 빠른 공정 속도를 기대하고 있지만, 아직은 기술에 대한 검증이 필요한 단계에 있다.

이러한 결정화를 이용하는 실리콘 기반 기술에 비해서 현재 디스플레이 산업의 주를 이루고 있으며 그 기술이 포화 단계에 있는 a-Si TFT를 이용하여 OLED backplane을 만드는 기술도 계속 연구 진행 중에 있다. 이 기술은 주로 대학이나 기업 연구소를 중심으로 연구가 활발히 진행되고^[15], IDT와 삼성 전자에서는 2003년과 2005년에 각각 20인치와 40인치의 WXGA급 AMOLED 시제품을 개발하였다. 하지만, 그 후 비정질 실리콘이 가지는 고유의 동작 불안정성으로 인해 다소 그 관심이 주춤하는 경향을 보이다가 최근에 코닥-프린스턴 연구팀^[16, 17]([그림 3](e) 참조)과 LG Philips LCD([그림 3](f) 참조)^[18]에서 금속 포일 기판 위에 비정질 실리콘을 기반으로 하는 AMOLED 시제품

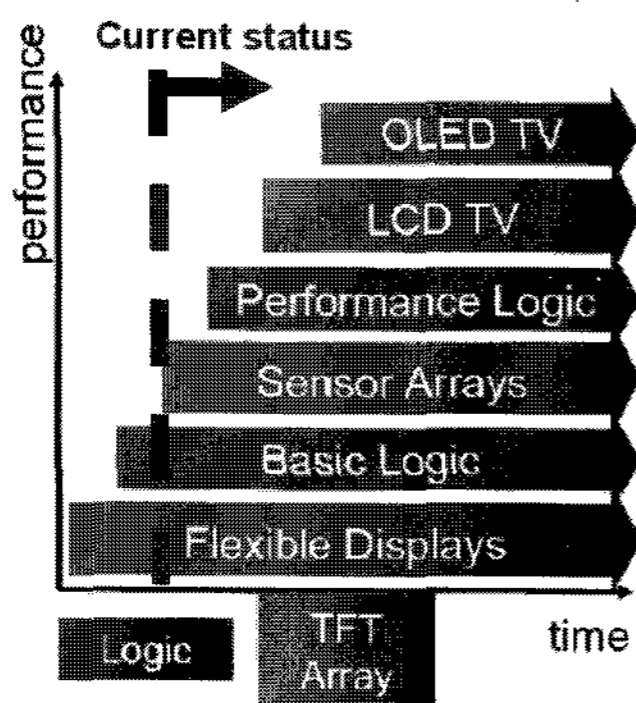
을 선 보이면서, 비정질 실리콘 기술의 대면적 디스플레이 및 휘어지는 유연 디스플레이에의 활용 가능성을 보면서 연구가 진행 중에 있다. 비정질 실리콘에 대한 기술 한계성을 극복할 수 있는 방법으로 Tsujimura는, 1) 구동방식에 의한 문턱전압 변화 최소화(saturation 영역 동작, 펄스 구동, rise/fall time 조절, 부전압 인가 등); 2) 비정질 실리콘 증착 조건 최적화(super 비정질 실리콘 물질 개발, 층별 증착 방식, 마이크로 결정 함유 비정질 실리콘 개발 등); 3) 새로운 TFT 구조(이중 채널 구조, 원형 TFT 구조 등); 그리고 4) 보상 구동 방식(픽셀 내의 보상회로 구조 삽입, 픽셀 외부에서의 feedback 이용한 보상 구동 등)을 제안하였다.^[19] 각각의 방식이 어느 정도의 비정질 실리콘 TFT의 동작 불안정성을 해소할 수 있을 것으로 기대가 되며, 여러 개의 방식이 함께 조합을 이루면 비정질 실리콘 기술의 한계를 극복할 수 있을 것으로 기대가 되지만, 기존의 비정질 실리콘 TFT 제작 공정에 비해서 최적화 작업을 위한 많은 노력을 기울여야 하므로, 대량 생산에의 실효성 및 경제성은 검증되어야 할 것으로 생각된다.

2. 유기물 기반 기술

유기물 기반 TFT(OTFT) 기술은 그 물질의 특성에 따라 크게 저분자 물질과 고분자 물질에 기반한 기술로 나눌 수 있다. 유기 발광 다이오드(OLED)의 경우와 마찬가지로 저분자 물질 기반 소자는 주로 진공 증착에 의해서 박막을 만들고 순도가 좋아서, 주로 용액 공정을 바탕으로 박막을



[그림 4] AMOLED 시제품 예 : (a) PSU-Kodak-Pentacene OTFT on PEN 기술, (b) SONY-Pentacene OTFT on glass and (c) PES 기술



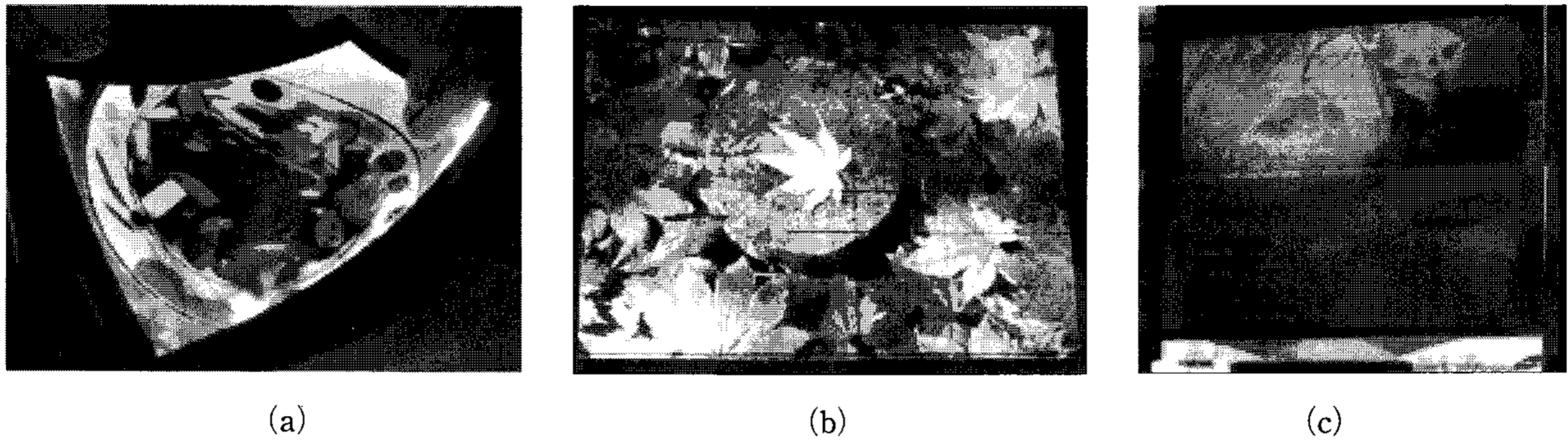
[그림 5] Plastic Logic사의 OTFT 로드맵

형성하는 고분자 물질 기반 소자에 비해 그 성능이 아주 우수하다. 하지만 고분자 물질 기반 소자는 잉크젯 프린팅이나 그라뷰어 또는 오프셀 프린팅이 가능하여 저비용 유기 전자회로의 응용에 크게 기여할 것으로 기대된다. 물질의 특성뿐 아니라 TFT 소자의 구조에 따라서 OTFT는 top-contact TFT와 bottom-contact TFT로 나눌 수 있다. Top-contact TFT는 유기 반도체 박막이 게이트 절연막 위에 증착된 후에 source와 drain 전극이 증착되어 유기 반도체 박막의 위쪽(top)에서 contact이 이루어지는 구조로 주로 새로운 유기 물질의 성능 평가나 단위 소자 수준의 성능 평가에 많이 사용되고 있다. 한편, bottom-contact TFT는 Source와 Drain 전극이 게이트 절연막 위에 증착된 후에 유기 반도체 박막을 증착하여 유기 반도체 박막의 아래쪽(bottom)에서 contact이 이루어지는 구조로 세도우 마스크나 포토리소그래피에 의해서 유기 반도체 박막을 패터닝할 수 있다는 장점이 있어서, 소자의 성능은 top-contact TFT에 비해서 좋지 않지만, 실제 AMOLED의 시제품 제작이나 backplane제작에 주로 사용되고 있다.^[20] 유기물 기반 TFT 기술은 현재 유기 박막에 영향을 최소화하면서 미세구조 형성이 가능한 박막 패터닝 기술과 소자의 성능에 영향을 주지 않으면서 동작 안정성을 확보할 수 있는 passivation 기술의 개발이 실제 AMOLED의 응용에 있어서 아주 중요하다. Penn State University와 코닥 연구팀은 PEN 플라스틱 기판 위에 저분자 물질을 대변하는 pentacene을 유기 반도체 물질로 사용하고, Polyvinyl alcohol (PVA)를 기반으

로 하는 포토리소그래피 기술을 이용하여 유기 반도체 박막을 패터닝하는 bottom-contact OTFT AMOLED 시제품을 보고하였다^[21]([그림 4](a) 참조). 최근에는 SONY에서 pentacene 물질과 유기 물질 절연막을 기반으로 유리 기판 위에 OTFT backplane을 만들고 유기 절연 평탄막을 이용하여 OTFT 어레이를 평탄화 한 뒤에 top-emission OLED 구조를 집적화 한 2.5인치 QVGA급 top-emission OTFT AMOLED의 시제품을 개발하였고([그림 4](b) 참조) 동 기술을 PES 플라스틱 기판 위에서도 구현하였다.^[22]([그림 4](c) 참조). 이처럼 OTFT 기반으로 하는 기술은 저가격, 그리고 휘어지는 유연 디스플레이 제작을 목적으로 많은 연구가 진행 중에 있다. 앞서 언급했듯이 저가격 소자 공정 기술을 위해서는 프린팅을 기반으로 하는 패터닝 기술이 후보로 고려되고 있으며, 이를 위해서 주로 진공 증착으로 소자를 만드는 저분자 물질도 용액 공정 가능하도록 분자 구조를 변형하는 연구도 활발히 진행되고 있다. 실제 유기물 기반 TFT 기술은 Plastic Logic사에서 발표한 로드맵[그림 5]에서도 보듯이 그 응용 분야에 있어서 많은 가능성을 가지고 있으나, 현재에는 그림의 붉은 선으로 표시한 전자종이용 유연 backplane이나 인버터 및 링 오실레이터의 간단한 논리회로, 바이오 센서 어레이의 스위치, 또는 RFID의 정류 다이오드 회로 정도의 기술 발전이 이루어지고 있다. 앞으로는 disposable 개념의 저가격 회로의 응용에 있어서 크게 기여할 것으로 기대가 되지만, 아직은 패터닝, passivation, 공정 균일성 및 소자 동작 안정성 등에서 기술적으로 검증 및 연구되어야 할 부분이 많이 남아 있다.

3. 산화물 기반 기술

산화물 기반 TFT 기술은 그 역사는 아주 오래 되었지만, Hosono group이 2003년 Science에 indium(In)-gallium(Ga)-zinc(Zn)-oxide(O) (IGZO) 물질을 바탕으로 한 고성능의 TFT를 보고하면서 새로이 많은 관심을 끌기 시작했다.^[23] 특히 AMOLED 기술의 발전 및 시장형성과 함께 기존의 실리콘 기반 기술의 단점 및 한계점의 극복을 위한 새로운 TFT 기술로 고려되면서 학교, 연구소 및 산업체에서 아주 활발하게 연구를 진행하고 있다. IGZO는 같은 비



[그림 6] AMOLED 시제품 예 : (a) LG전자-a-IGZO TFT on SUS 기술, (b) 삼성 SDI-a-IGZO TFT on glass 기술, (c) 삼성 종합 기술원-a-IGZO TFT on glass 기술

[표 1] 산화물 기반 TFT 제작을 위해 사용되어 온 물질 및 증착 방식 종류

Element	Materials	Deposition Methods
Gate metal	ITO, Cr, Ta, Mo	Sputtering, Evaporation
Gate insulator	Al ₂ O ₃ , HfO ₂ , AlO, SiO ₂ , SiN _x /SiO _x , SiN _x	Sputtering, PECVD, ALD
Semiconductor	ZnO, SnO ₂ , a-IGZO, ZTO, ZIO, IZO	Sputtering, ALD, PLD, Solution
S/D metal	Ti/Au, ITO, AZO	Sputtering, Evaporation
Passivation	SiN _x , Photoresist	Sputtering, PECVD, ALD, Solution

정질 상태이면서도 비정질 실리콘에 비해서 아주 높은 전하 이동도를 얻을 수 있으며, 고성능의 박막을 높은 진공을 요하는 비정질 실리콘의 PECVD 방법에 비해 손쉽게 PVD 방법으로 얻을 수 있는 장점이 있다.^[24] 그 결과 최근에는 여러 디스플레이 관련 대기업들이 산화물 기반 TFT 기술을 이용하여 AMOLED 시제품을 제작하여 보고하면서 가까운 미래에 실리콘 기반으로 하는 AMOLED 기술 영역에 있어서 큰 부분을 차지하리라고 기대하고 있다. LG 전자는 금속 포일 위에 a-IGZO 기술을 이용하여 3.5인치 QCIF급 휘어지는 유연 AMOLED 시제품을 IMID 2007에서 보고하여 기초원천기술부문에서 대상을 차지했다([그림 6](a) 참조).^[25] 삼성SDI^[26]와 삼성종합기술원^[27]에서도 a-IGZO TFT 기술에 대한 연구를 활발히 진행하고 있으며, 각각 4.1인치 QCIF급([그림 6](b) 참조)과 4인치 QVGA급([그림 6](c) 참조) AMOLED 시제품을 유리 기판 상에 제작하고 그 결과를 보고했다. a-IGZO 물질은 그 성분비에 대한 정확한 조절과 wet/dry etching 공정 시의 박막의 성질 변화 등에 대해서 소자 제작 공정 조건의 최적화에 대한 노력이 필요하다. 물질 구조의 단순화 및 게이트 절연막 경계면의 최적화, 그리고 source/drain contact의 Ohmic contact을 위해서 여러 가지 물질들 및 증착 방식을 이용하여 여러 그룹들이 산화물을 기반으로 하는 소자 제작을 보고해 왔는데, [표 1]에는 지금까지의 보고된 소자의 각 층별 물질과 증착 방식에 대해서 정리되어 있다. 산화물 기반 TFT는 동작 성능이나 안정성이 비정질 실리콘 TFT에 비해서 월등하게 우수하기 때문에 차기 유망 기술로 평가되고 있으나, 아직 대면적화 시의 균일성 확보에 대한 검증이 되어야 하고, 앞서 언급한 기존 실리콘 기반 공정 인프라 대비 공정 방식의 효율 및 경제성, 그리고 소자의 동작 메커니즘,

열화 후의 빠른 relaxation^[28] 등에 대한 물리적인 이해 및 연구 부족 등이 앞으로 고려해야 할 부분이라고 할 수 있다.

III. 결 론

이제까지 AMOLED 응용을 위한 TFT 기술의 최근 기술 동향을 실리콘 기반, 유기물 기반, 그리고 산화물 기반 TFT 기술로 나누어서 간단하게 기술해 보았다. 각각의 TFT 기술은 아래의 [표 2]와 같이 그 특징과 그리고 각 기술에서 해결해야 하는 문제점들이 있으며 현재 많은 그룹들이 이를 해결하기 위해서 연구를 진행하고 있다. 실리콘 기반 TFT 기술 중에서 poly-Si TFT 기술은 현재 소형에서 중형에 이르는 AMOLED 제품 응용에 지배적으로 사용되고 있으나, AMOLED TV 등의 대형 디스플레이 구현을 위해서는 a-Si TFT 기술과 산화물 기반 TFT 기술의 강한 도전이 예상되고 있다. 특히 산화물 기반 TFT의 기술적 진보는 산화물 기반 TFT 기술이 향후 AMOLED 제품의 응용에 높은 가능성을 보여 주고 있다. 유기물 기반 TFT 기술은 아직 발전 단계에 있는 기술이지만, 저가격 또는 휘어지는 유연 디스플레이나 disposable electronics 응용에 있어서 그 가능성을 보여 주고 있다. 이렇듯 다양한 TFT 기술들이 서로 경쟁을 하면서 AMOLED가 가지는 기술적인 문제점들을 점차 해결해 갈 때, 2007년을 기점으로 AMOLED는 기술의 비약적인 발전과 함께 디스플레이 시장에서 전성기를 맞이하게 되리라고 기대해 본다.

[표 2] 각각의 TFT 기술들의 특징 및 문제점 비교

	Features	Issues
poly-Si TFT	High mobility (>10's cm ² /Vs), Good operational stability n- and p-type possible – CMOS type circuit integration	Non-uniformity over large area Expensive process
μc/nc-Si TFT	Medium mobility (< 10's cm ² /Vs) Acceptable operation stability and uniformity expected	Low throughput
a-Si:H TFT	Low mobility (< 1 cm ² /Vs), Uniform over large area	Operational instability
Organic TFT	Low to medium mobility (< 10 cm ² /Vs) Both vacuum and solution process possible Low temp (< 100 °C) process available	Patterning and passivation Unproven operational stability Developing technology
Metal Oxide TFT	Medium mobility (< 10's cm ² /Vs) Good stability and performance start to be reported Good uniformity over larger area expected	Understanding operational stability Developing technology

참 고 문 헌

[1] J. S. Lewis and M. S. Weaver, IEEE J. Sel. Top. Quant. Elec. 10, 45 (2004).

[2] Y. Hong, Z. He, N. S. Lennhoff, D. A. Banach, and J. Kanicki, J. Elec. Mater. 33, 312 (2004).

[3] A. Sugimoto, H. Ochi, S. Fujimura, A. Yoshida, T. Miyadera, and M. Tsuchida, IEEE J. Sel. Top. Quant. Elec. 10, 107 (2004).

[4] D.-U. Jin, J.-K. Jeong, T.-W. Kim, J.-S. Lee, T.-K. An, Y.-G. Mo, and H.-K. Chung, J. SID 14, 1083 (2006).

[5] T. Tsujimura, Y. Kobayashi, K. Murayama, A. Tanaka, M. Morooka, E. Fukumoto, H. Fujimoto, J. Sekine, K. Kanoh, K. Takeda, K. Miwa, M. Asano, N. Ikeda, S. Kohara, S. Ono, C.-T. Chung, R.-M. Chen, J.-W. Chung, C.-W. Huang, H.-R. Guo, C.-C. Yang, C.-C. Hsu, H.-J. Huang, W. Riess, H. Riel, S. Karg, T. Beierlein, D. Gundlach, S. Alvarado, C. Rost, P. Mueller, F. Libsch, M. Mastro, R. Polastre, A. Lien, J. Sanford, and R. Kaufman, Tech. Dig. SID 34, 6 (2003).

[6] Y. Hong, J.-Y. Nahm, and J. Kanicki, IEEE J. Sel. Top. Quant. Elec. 10, 16 (2004).

[7] K. S. Girotra, Y.-M. Choi, B.-J. Kim, Y.-R. Song, B. Choi, S.-H. Yang, S. Kim, and S. Lim, J. SID 15, 113 (2007).

[8] L. Zhou, S. Park, B. Bai, J. Sun, S.-C. Wu, T. N. Jackson, S. Nelson, D. Freeman, and Y. Hong, IEEE Elec. Dev. Lett. 26, 640 (2005).

[9] H. N. Lee, J. W. Kyung, S. K. Kang, D. Y. Kim, M. C. Sugn, S. J. Kim, C. N. Kim, H. G. Kim, and S. T. Kim, Proc. IDW, 663 (2006).

[10] M.-K. Kang, H. J. Kim, C. W. Kom, and H. G. Kim, Proc. IMID 7, 8 (2007).

[11] C. Wu, Z. Meng, J. Li, X. Zhang, G. Yang, S. Xiong, X. Shi, H. Peng, M. Wong, H. S. Kwok, S. Yin, D. Zhang, T. Sun, L. Wang, and Y. Qiu, Tech. Dig. SID 35, 1128 (2004).

[12] H.-S. Choi, J.-S. Choi, S.-K. Hong, B.-K. Kim, and Y.-M. Ha, Proc. IMID 7, 1781 (2007).

[13] A. Chwang, R. Hewitt, K. Urbanik, J. Silvernail, K. Rajan, M. Hack, J. J. Brown, J. P. Lu, C. Shi, J. Ho, R. Street, T. Ramos, L. Moro, N. Rutherford, K. Tognoni, B. Anderson, and D. Huffman, Tech. Dig. SID 37, 1858 (2006).

[14] T. Urabe, T. Sasaoka, K. Tatsuki, and J. Takaki, Tech. Dig. SID 38, 161 (2007).

[15] Y. Hong, J.-Y. Nahm, and J. Kanicki, Appl. Phys. Lett. 83, 3233 (2003).

[16] Y. Hong, G. Heiler, R. Kerr, A. Z. Kattamis, I.-C. Cheng, and S. Wagner, Tech. Dig. SID 37, 1862 (2006).

[17] A. Z. Kattamis, N. Giebink, I.-C. Cheng, S. Wagner, S. R. Forrest, Y. Hong, and V. Cannella, J. SID 15, 433 (2007).

[18] C.-D. Kim, I.-B. Kang, and I.-J. Chung, Tech. Dig. SID 38, 1669 (2007).

[19] T. Tsujimura, W. Zhu, S. Mizukoshi, N. Mori, K. Miwa, S. Ono, Y. Maekawa, K. Kawabe, and M. Khono, Tech. Dig. SID 38, 84 (2007).

[20] M. Mizukami, N. Hirohata, T. Iseki, K. Ohtawara, T. Tada, S. Yagyu, T. Abe, T. Suzuki, Y. Fujisaki, Y. Inoue, S. Tokito, and T. Kurita, IEEE Trans. Elec. Dev. 27, 249 (2006).

[21] L. Zhou, A. Wanga, S.-C. Wu, J. Sun, S. Park, S. Nelson, D. Freeman, Y. Hong, and T. N. Jackson, Proc. SPIE Defense Security Cockpit Displays, (2006).

[22] I. Yagi, N. Hirai, M. Noda, A. Imaoka, Y. Miyamoto, N. Yoneya, K. Nomoto, J. Kasahara, A. Yumoto, and T. Urabe, Tech. Dig. SID 38, 1753

(2007).

- [23] K. Nomur, H. Ohta, K. Ueda, T. Kamiya, M. Hirano, and H. Hosono, *Science* 300, 1269 (2003).
- [24] K. Nomura, H. Ohta, A. Takagi, T. Kamiya, M. Hirano, and H. Hosono, *Nature* 432, 488 (2004).
- [25] M.-C. Sung, H.-N. Lee, C. N. Kim, S. K. Kang, D. Y. Kin, S.-J. Kim, S. K. Kim, S.-K. Kim, H.-G. Kim, and S.-T. Kim, *Proc. IMID* 7, 133 (2007).
- [26] J. K. Jeong, M. Kim, J. H. Jeong, H. J. Lee, T. K. ahn, H. S. Shin, K. Y. Kang, H. Seo, J. S. Park, H. Yang, H. J. Chung, Y. G. Mo, and H. D. Kim, *Proc. of IMID* 7, 145 (2007).
- [27] J. Y. Kwon, K. S. Son, J. S. Jung, T. S. Kim, M. K. Ryu, K. B. Park, J. W. Kim, Y. G. Lee, C. J. Kim, S. I. Kim, Y. S. Park, S. Y. Lee, and J. M. Kim, *Proc. IMID* 7, 141 (2007).
- [28] Internal report on degradation and fast relaxation of oxide-based TFT after bias-temperature-stress test

저 자 소개



홍 용 택

1994. 2 서울대학교 전자공학과 학사,
1996. 2 서울대학교 전자공학과 석사,
2003. 12 미시건대학교 전기공학과 박사,
2003. 12~2006. 2: Senior Research Scientist, 코닥,
2006. 03~현재: 서울대학교 전기공학부 조교수, 미

시건 공과 대학-Graduate Student Distinguished Achievement Award(2003) IEEE Electron Device Society-2005 George E. Smith Award(2006) 50편 이상의 국제 논문지와 국제 학회 발표 논문이 있음, 현재 연구 관심분야는 박막전자소자와 평판디스플레이 및 디지털 센서 어레이를 포함하는 유연성 및 인쇄방식 전자 소자 및 회로 분야, 현재 국제정보디스플레이학회, 한국정보디스플레이학회, 국제전기전자공학회, 대한전자공학회, 그리고 국제광학회 회원으로 활동 중.